

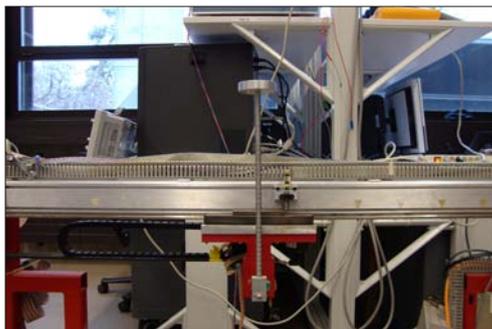


Michael Horber

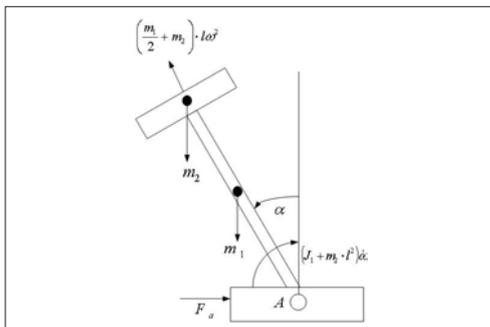
Diplomand	Michael Horber
Examinator	Prof. Dr. Markus Kottmann
Experte	Dr. M. A. Müller, Frei Patentanwaltsbüro, Zollikon ZH
Themengebiet	Regelungstechnik

Aufschwingen eines Pendels

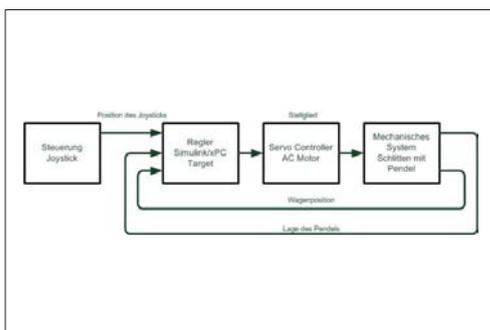
29 Regelung mit Simulink xPC Target



Anlage mit Pendel



Skizze des Wagen-Pendel-Systems



Darstellung des Regelkreises

Ausgangslage: Die hier beschriebene Arbeit wurde an der HSR im Modul Regelungstechnik durchgeführt. Während eines Semesters wurde eine Regelung für eine Anlage, bestehend aus einem auf einem Wagen zu balancierendem Pendel entwickelt und getestet. Das System ist besonders durch sein dynamisch instabiles Verhalten gekennzeichnet. Da die Regelstrecke instabil und nicht linear ist, werden an den Regler hohe Anforderungen gestellt. Ein mechanisches Pendel, welches an einem Wagen befestigt ist, soll in seine instabile Senkrechtlage gebracht und stabilisiert werden. Das Pendel besteht aus einer Pendelstange und einer Masse, welche am oberen Ende der Stange befestigt ist. Das untere Ende der Stange ist mittels eines Kugellagers an einen fahrbaren Schlitten gekoppelt. Dieser wird mit einem Servomotor angetrieben. Die Winkelposition des Pendels und die Position des Schlittens können anhand zweier Inkremental-Drehgeber ermittelt werden. Um den Schlitten innerhalb der Schiene halten zu können, sind drei induktive Grenztafter vorhanden.

Vorgehen: Nach einer Vorstudie der Anlage und ihrer Komponenten wurde für das Wagen-Pendel-System ein komplettes Modell entwickelt. Zur Bestimmung der einzelnen Parameter, wie der Kraftübertragung des Servo-Controllers auf den Wagen, des Reibungskoeffizienten und der Masse des Wagens, wurden für das Pendel und den Wagen getrennte, reduzierte Modelle verwendet. Anhand ausführlicher Messungen wurden dann die entsprechenden Modellparameter modifiziert. Zum Auf- und Abschwingen des Pendels wurden Strategien entwickelt und mittels Simulationen getestet. Anhand eines linearisierten Modells wurde ein erster Reglerentwurf mittels Polplatzierung erzeugt. Das Auf- und Abschwingen sowie das Verhalten der Regelung bei Störungen der Pendellage wurde an der Anlage anhand von Simulink-xPC-Target-Modellen durchgeführt und mittels Messungen dokumentiert. In einem zweiten Schritt wurde eine Regelung mit Zustandsbeobachter (Luenberger-Beobachter) entworfen. Die Regelung wurde mittels der Methode der linear-quadratischen Optimierung ausgelegt. Der Beobachter schätzt anhand der gemessenen Pendellage sowie der Position des Wagens sämtliche Zustände. Das Verhalten und die Dynamik des Beobachters wurden anhand von Störeinflüssen auf die Regelung analysiert.

Ergebnis: Sämtliche Tests konnten erfolgreich durchgeführt werden. Die Resultate wurden ausgewertet und gemäss Zielsetzung als gut bewertet.